



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 05 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Réservé à
L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

REMISE DES PIÈCES

DATE **20 NOV 2002**

LIEU **38 INPI GRENOBLE**

N° D'ENREGISTREMENT **0214547**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE **20 NOV. 2002**

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif) B5847

① NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA
CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet Michel de Beaumont
1 rue Champollion
38000 GRENOBLE

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

② NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de Brevet ☒

Demande de certificat d'utilité ☐

Demande divisionnaire ☐

*Demande de brevet initiale
ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date / /

N°

Date / /

Transformation d'une demande de

brevet européen

Demande de brevet initiale

☐

N°

Date / /

③ TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

DÉTERMINATION D'UN INDICE DE NETTETÉ D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE

④ DÉCLARATION DE PRIORITÉ
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE
FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

Pays ou organisation

Date / /

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"

☐ S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"

⑤ DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale

STMicroelectronics SA

Prénoms

Forme juridique

Société anonyme

N° SIREN

Code APE-NAF

ADRESSE

Rue

29, Boulevard Romain Rolland

Code postal et ville

92120

MONTRouGE

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

 Réservé à
 L'INPI
REMISE DÉPOSÉE **20 NOV 2002**DATE **38 INPI GRENOBLE**LIEU **0214547**

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier :

(facultatif) B5847

6 MANDATAIRE

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet Michel de Beaumont

N° de pouvoir permanent et/ou
de lien contractuel

ADRESSE

Rue

1 Rue Champollion

Code postal et ville

38000

GRENOBLE

N° de téléphone (facultatif)

04.76.51.84.51

N° de télécopie (facultatif)

04.76.44.62.54

Adresse électronique (facultatif)

cab.beaumont@wanadoo.fr

7 INVENTEUR (S)

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui☒ Non

Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur (s) séparée

8 RAPPORT DE RECHERCHE

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat
ou établissement différé☒☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui☒ Non**9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :Si vous avez utilisé l'imprimé "Suite", indiquez
le nombre de pages jointes**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE**
(Nom et qualité du signataire)Michel de Beaumont
Mandataire n° 92-1016VISA DE LA PREFECTURE
OU DE L'INPI

D. R. GR.

DÉTERMINATION D'UN INDICE DE NETTETÉ D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE

La présente invention concerne le domaine du traitement d'images numériques et, plus particulièrement les procédés d'identification ou d'authentification à partir d'images numériques de l'oeil.

5 La reconnaissance d'iris constitue une technique d'identification biométrique parfaitement éprouvée, pourvu que l'image sur laquelle sont appliqués les procédés d'analyse et d'identification soit une image exploitable. En particulier, la performance des algorithmes de reconnaissance dépend fortement
10 de la netteté de l'image de l'iris à identifier.

Or, dans la plupart des applications, et notamment dans les applications dites embarquées (par exemple pour du contrôle d'accès à un téléphone ou ordinateur portable, pour une clé électronique, etc.), la caméra (capteur numérique et
15 lentille) utilisée ne dispose pas de système d'autofocus ajustant la focale (réelle ou simulée) en fonction de la distance.

De plus, pour des raisons de résolution de l'iris qui n'occupe qu'une faible surface de l'oeil, les images sont prises
20 à une distance relativement faible (généralement de l'ordre de 10 à 30 cm). Il en découle une faible profondeur de champ (plage de distances entre la caméra et l'oeil dans laquelle l'image est

nette). Cette faible profondeur de champ ajoutée au fait que l'oeil est sphérique peut même engendrer des différences de netteté entre des zones d'une même image d'oeil.

Un traitement préalable à la reconnaissance d'iris proprement dite consiste donc à sélectionner une image
5 suffisamment nette.

Généralement, le dispositif de prise de vues prend un nombre d'images compris entre 5 et 50 et un système de prétraitement sélectionne l'image à soumettre à l'algorithme de
10 reconnaissance proprement dit.

L'évaluation de la netteté revient à attribuer, à chaque image, un indice caractéristique de sa netteté. Cela permet soit de sélectionner une image suffisamment nette par rapport à un seuil déterminé, soit de sélectionner l'image la
15 plus nette parmi les images d'un ensemble. Par convention, plus l'indice attribué à une image est élevé, plus elle est nette.

La présente invention concerne plus particulièrement le prétraitement appliqué à des images d'un même oeil afin de déterminer un indice caractéristique de la netteté de chaque
20 image et, selon un aspect préféré, sélectionner celle de ces images qui est la plus nette.

On a déjà proposé diverses techniques d'évaluation de netteté d'images numériques que ce soit à partir de filtrage, de transformation en ondellettes (WO-A-00/36551), ou d'analyse
25 fréquentielle (WO-A-00/30525).

Toutes ces techniques ont pour inconvénient commun d'être lentes, notamment si elles sont mises en oeuvre dans des produits miniaturisés où la capacité de traitement est limitée (clé électronique par exemple). Par lentes, on entend qu'elles
30 sont difficilement compatibles avec un traitement en temps réel d'images prises à une cadence supérieure à 10 images par seconde. Le besoin de rapidité est, dans des applications embarquées, lié au besoin de rapidité d'identification ou d'authentification d'un utilisateur par son iris, dont la sélection
35 d'une image nette constitue une étape préalable.

Un autre inconvénient est la complexité en termes de taille du programme nécessaire à l'exécution de l'algorithme d'évaluation de netteté.

Un autre problème est, pour gagner du temps et de la complexité de procédé, de limiter la zone devant être examinée en netteté. En particulier, la faible profondeur de champ associée au fait que l'oeil est sphérique et que des éléments tels que les cils peuvent être inclus dans l'image, rend cette localisation de zone importante pour évaluer la netteté de l'iris et pas celle d'autres zones de l'image.

Un autre problème qui se pose pour la détermination de netteté d'images d'iris, ou plus généralement d'une zone particulière d'une image prise à faible profondeur de champ et acquise à faible distance, est lié à la présence de zones externes à la zone à évaluer (par exemple, des cils) qui peuvent être nets alors que l'iris de l'est pas. Ce problème est notamment présent dans des opérateurs ou algorithmes prenant en compte des gradients de luminosité, ce qui revient à tenir plus compte des contours que des zones elles-mêmes. En particulier, c'est un inconvénient d'un opérateur ou algorithme classique connu sous la dénomination de "Filtre médian pondéré sélectif en fréquence" ou opérateur FSWM (Frequency Selective Weighted Median) qui est par ailleurs reconnu comme un opérateur donnant des résultats acceptables.

Un autre problème, qui se pose également pour l'évaluation de netteté de zones d'images prises à faible distance et à faible profondeur de champ est lié à l'illumination nécessaire du sujet pris. Pour des capteurs d'images d'oeil, il s'agit généralement d'une diode électroluminescente. Cette source lumineuse crée des taches spéculaires qui polluent l'évaluation de netteté. En particulier, l'opérateur FSWN cité ci-dessus peut être trompé par la présence de taches spéculaires qui ont tendance à masquer des gradients de luminosité provenant de l'iris par des gradients plus importants provenant de ces taches.

La présente invention vise à proposer un procédé et système de traitement d'images numériques qui pallie un ou plusieurs des inconvénients des procédés connus.

Plus particulièrement, l'invention vise à évaluer la
5 netteté d'un iris d'un oeil ou équivalent.

L'invention vise également à sélectionner, parmi un ensemble d'images d'oeil ou analogue, celle qui est la plus nette.

L'invention vise également à proposer un procédé
10 simplifié de localisation d'un iris ou analogue dans une image numérique d'oeil qui soit simple et peut gourmand en ressources de calcul.

L'invention vise, de façon indépendante, à permettre la localisation approximative d'une pupille ou analogue dans une
15 image numérique de façon simple, rapide et peut gourmande en ressources de calculs.

L'invention vise, de façon indépendante, à déterminer un indice caractéristique de netteté d'une zone d'image numérique comportant des taches spéculaires.

L'invention vise également à rendre un opérateur à
20 analyse de gradients de luminosité, insensible à la présence de contours parasites dans la zone évaluée en netteté.

Pour atteindre ces objets et d'autres, la présente invention prévoit un procédé de détermination d'un indice
25 caractéristique de la netteté d'une image numérique, consistant à cumuler la norme quadratique de gradients horizontaux et verticaux de valeurs de luminance de pixels de l'image, les pixels étant choisis au moins en fonction d'un premier seuil de luminance maximale d'autres pixels dans la direction concernée.

Selon un mode de mise en oeuvre de la présente
30 invention, ledit indice est obtenu en divisant le cumul par le nombre de normes quadratiques cumulées.

Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, un pixel courant dont un gradient vertical ou horizontal
35 est à prendre en compte dans le cumul est sélectionné uniquement

si les luminances de deux pixels encadrant le pixel courant en étant distant de celui-ci d'un écart prédéterminé dans la direction verticale ou horizontale concernée sont inférieures audit premier seuil de luminance.

5 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, ledit premier seuil est choisi en fonction de la luminosité attendue d'éventuelles taches spéculaires dont on souhaite ne pas tenir compte.

10 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, l'écart entre le pixel courant et chacun des pixels qui l'encadrent est choisi en fonction de la taille attendue d'éventuelles taches spéculaires dont on souhaite ne pas tenir compte.

15 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, la norme quadratique d'un gradient est pris en compte dans le cumul seulement si sa valeur est inférieure à un seuil de gradient prédéterminé.

20 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, le seuil de gradient est choisi en fonction du contraste de l'image.

 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, un pixel courant est sélectionné pour être pris en compte dans le cumul, seulement si sa luminance est inférieure à un deuxième seuil de luminance.

25 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, le deuxième seuil de luminance est choisi pour être supérieur à l'intensité lumineuse attendue d'un élément caractéristique contenu dans l'image numérique.

30 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, l'image est une image d'oeil.

 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, ledit élément est l'iris de l'oeil.

 Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, le procédé de détermination est appliqué à une ou

plusieurs images d'un ensemble d'images numériques représentant un même objet.

Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, le procédé de détermination n'est appliqué qu'aux
5 images de l'ensemble ayant passées avec succès un test de netteté approximative basé sur un cumul des gradients dans une seule direction des intensités lumineuses des pixels de l'image.

Selon un mode de mise en oeuvre de la présente invention, l'indice affecté à chaque image est utilisé pour
10 sélectionner l'image la plus nette parmi ledit ensemble.

L'invention prévoit également un système de détermination de la netteté d'une image numérique.

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans
15 la description suivante de modes de mise en oeuvre et de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 représente, de façon très schématique et sous forme de blocs, un exemple de système de reconnaissance
20 d'iris auquel s'applique la présente invention ;

la figure 2 illustre, sous forme de blocs, un mode de mise en oeuvre du procédé de détermination de l'indice caractéristique de la netteté d'une image d'iris selon la présente invention ;

25 la figure 3 illustre, sous forme de blocs, un mode de mise en oeuvre du procédé de localisation d'iris selon la présente invention ; et

la figure 4 illustre, sous forme de blocs, un mode de mise en oeuvre du procédé de calcul de l'indice caractéristique
30 de la netteté par recherche de gradients pondérés selon la présente invention.

Pour des raisons de clarté, seuls les éléments et étapes qui sont nécessaires à la compréhension de l'invention ont été représentés aux figures et seront décrits par la suite.
35 En particulier, la structure d'un système de reconnaissance

d'iris n'a pas été détaillée, l'invention pouvant être mise en oeuvre à partir d'un système classique, pourvu que celui-ci puisse être programmé pour mettre en oeuvre l'invention.

L'invention sera décrite par la suite en relation avec
5 la sélection d'une image d'iris la plus nette parmi un ensemble d'images. Toutefois, celle-ci s'applique plus généralement à la détermination de netteté d'images ou de portions d'images numériques présentant les mêmes caractéristiques qu'une image d'iris et, notamment, d'images dans lesquelles un premier plan
10 dont on souhaite déterminer la netteté est à une distance différente d'un arrière plan. De plus, bien que l'invention soit décrite en relation avec un exemple complet de procédé de détermination de netteté, certaines phases de ce procédé peuvent être mises en oeuvre séparément et sont, à elles seules,
15 caractéristiques.

La figure 1 représente, de façon très schématique, un exemple de système de reconnaissance d'iris pouvant mettre en oeuvre le procédé de sélection selon la présente invention.

Un tel système est destiné à exploiter des images
20 d'oeil pour effectuer une identification ou authentification par reconnaissance iridienne. Par exemple, un capteur numérique 1 prend un ensemble d'images d'un oeil O d'un sujet. Le nombre d'images prises est généralement d'au moins une dizaine pour permettre d'effectuer l'identification, après sélection de
25 l'image la plus nette, en minimisant le risque de devoir demander au sujet de se soumettre à une nouvelle série de prises de vues. En variante, les images à analyser proviennent d'une source distante et sont, le cas échéant, préenregistrées.

Le capteur 1 est relié à une unité centrale 2 de
30 traitement dont le rôle est, notamment, de mettre en oeuvre la reconnaissance d'iris (bloc IR) proprement dite après avoir sélectionné (bloc IS), parmi l'ensemble d'images stocké dans une mémoire 3, l'image IN la plus nette à soumettre au procédé de reconnaissance. Le procédé de sélection se base sur la détermination, pour chaque image de l'ensemble, d'un indice carac-
35

téristique de sa netteté. Cette détermination est, selon l'invention, effectuée au moyen du procédé dont un mode de mise en oeuvre préféré sera décrit en relation avec la figure 2. L'unité 2 sert généralement aussi à contrôler l'ensemble des
5 constituants du système et, notamment, le capteur 1 et la mémoire 3.

La figure 2 illustre, de façon très schématique et sous forme de blocs, un mode préféré de mise en oeuvre du procédé de détermination de netteté selon la présente invention.

10 Le procédé de la figure 2 comprend trois phases distinctes et caractéristiques qui seront décrites successivement en relation avec le traitement d'une image de l'ensemble à évaluer, sachant que toutes les images de l'ensemble sont traitées, de préférence successivement, par ce procédé. La sélection de
15 l'image à laquelle a été attribué l'indice le plus élevé est effectuée, par exemple, par simple comparaison des indices de netteté attribués, au moyen d'une étape de recherche de l'indice maximum en elle-même classique.

Une première phase (bloc 4, Pre-focus) de
20 prétraitement a pour objectif d'éliminer les images très floues (plus précisément d'attribuer un indice de netteté nul) qui seront de toute évidence inappropriées pour la reconnaissance d'iris. Selon l'invention, cette phase effectue une recherche de forts gradients de luminance dans la direction horizontale
25 (correspondant arbitrairement à la direction générale des paupières de l'oeil). De tels gradients sont liés à la présence de cils, de transitions brutales de niveaux de gris entre la pupille et l'iris, entre l'iris et le blanc de l'oeil, entre le blanc de l'oeil et le coin des paupières, etc. Plus les
30 transitions brutales sont nombreuses, plus l'image est nette. Comme il s'agit ici d'effectuer un prétraitement grossier, la recherche de gradients s'effectue de préférence sur une image approximative, c'est-à-dire, sous-échantillonnée.

La figure 3 illustre, de façon schématique et sous forme de blocs, un mode de mise en oeuvre de la phase de prétraitement 4.

5 L'image d'origine I est d'abord sous-échantillonnée (bloc 41, Bidir Sampling) dans les deux directions, de préférence avec un même facteur. Par exemple, le rapport de sous-échantillonnage est de 4 dans les deux directions, ce qui revient à approximer l'image avec un facteur 16.

10 L'image SEI issue de l'étape 41 est alors soumise à un filtrage (bloc 42, Horiz Sobel Filtering) dans une seule direction, de préférence horizontale pour correspondre à la direction des lignes principales de l'image. Le filtrage a pour objet de calculer le gradient horizontal en chaque pixel, donc de détecter les contours verticaux.

15 Par exemple, il s'agit d'un filtrage monodirectionnel connu sous le nom de "Sobel". Un tel opérateur de filtrage est décrit, par exemple, dans l'ouvrage "Analyse d'images : filtrage et segmentation" de J-P. Cocquerez et S. Phillip, publié en 1995 par Masson (ISBN 2-225-84923-4).

20 L'image résultant du filtrage est alors soumise à un opérateur de calcul (bloc 43, AF Compute) de l'indice approximatif de netteté AF. De façon simplifiée, cet opérateur se contente de calculer la somme des intensités des pixels de l'image filtrée. Plus l'indice AF est élevé, plus l'image est
25 nette.

L'indice AF calculé par le bloc 4 est comparé (bloc 44, figure 2, $AF > TH$) à un seuil de netteté prédéterminé TH. Si l'indice obtenu est supérieur au seuil, le processus de détermination de netteté se poursuit par une deuxième phase de centrage de l'iris qui sera décrite ci-après en relation avec la
30 figure 4. Dans le cas contraire, l'image est rejetée (bloc 45, Score = 0) pour n'être pas assez nette.

La deuxième phase 5 (Pupil Localisation) consiste à localiser la pupille de l'oeil dans l'image pour centrer la
35 pupille (donc l'iris) dans une image à analyser. Cette locali-

sation poursuit plusieurs objectifs. Un premier objectif est de concentrer ultérieurement l'évaluation de netteté sur la zone significative. Un deuxième objectif est d'éviter que des zones de l'image à forts gradients (notamment les cils) qui ne sont pas dans le même plan que l'iris soient prises en compte dans l'évaluation de netteté, et faussent alors cette évaluation.

Diverses méthodes de localisation sont envisageables. Par exemple une méthode basée sur une transformée de Hough associée à des opérateurs intégral-différentiels, décrite dans l'article "Person identification technique using human iris recognition" de C. Tisse, L. Martin, L. Torres et M. Robert, publié à l'occasion de la conférence VI'02 de Calgary en mai 2002, est très performante.

Toutefois, elle est gourmande en ressources et son temps d'exécution n'est donc pas forcément compatible avec un traitement en temps réel. De plus, pour une évaluation de la netteté, la localisation requise n'est qu'approximative.

La figure 4 illustre, sous forme de blocs et schématiquement, un mode de mise en oeuvre préféré de la phase de localisation de la pupille selon l'invention.

Partant de l'image d'origine I, on commence par éliminer des bandes latérales de cette image (bloc 51, Vertical Cut). Cette élimination a pour but de ne pas tenir compte par la suite des bords sombres (délimités par les traits T sur l'image I) de l'image sur ses côtés. Si l'oeil est correctement centré dans l'image, ces bandes proviennent de la courbure de l'oeil qui entraîne un moindre éclaircissement des bords. La taille (largeur) des bandes éliminées dépend de la résolution et de la taille de l'image d'origine. Chaque bande est, par exemple, d'une largeur comprise entre un vingtième et un cinquième de la largeur de l'image.

L'image réduite RI obtenue est ensuite optionnellement soumise à un sous-échantillonnage (bloc 52, Bidir Sampling) dans les deux directions. Par exemple, le sous-échantillonnage est

effectué dans le même rapport que pour la phase de prétraitement décrite en relation avec la figure 3.

On calcule alors (bloc 53, Mean Lum Bloc) la luminance moyenne de blocs de l'image réduite sous-échantillonnée SERI, la
5 taille d'un bloc correspondant à peu près à la taille attendue de la pupille dans une image évaluée. Cette taille est parfaitement déterminable dans la mesure où les images traitées sont généralement prises en respectant une certaine plage de distances entre le capteur et l'oeil.

10 Le calcul s'effectue en déplaçant une fenêtre de calcul avec un pas inférieur à la taille d'un bloc. Les blocs se chevauchent, le pas dans les deux directions entre deux blocs voisins étant, de préférence, compris entre un dixième et trois quarts de la taille d'un bloc.

15 Par exemple, pour des images de 644*484 pixels dans lesquelles les pupilles s'inscrivent dans des surfaces comprises entre environ 50*50 pixels et environ 70*70 pixels, la luminance est calculée pour des blocs de 15*15 pixels (avec un facteur de sous-échantillonnage de 4 dans chaque direction) en parcourant
20 l'image avec un déplacement de la fenêtre de calcul de 2 à 5 pixels à chaque fois. On obtient alors une image LI de valeurs de luminance des différents blocs.

Dans cette image, on recherche (bloc 54, Min Lum Search) le bloc ayant la luminance minimale. Ce bloc correspond
25 approximativement à celui contenant la pupille (ou la plus grande partie de la pupille). En effet, la pupille est la région la plus foncée.

Dans le cas où le sous-échantillonnage est omis, le nombre de blocs dont il faut calculer la luminance moyenne est
30 plus élevé. On réduit toutefois le pas de déplacement de la fenêtre de calcul (par exemple, tous les 8 à 20 pixels).

Une fois la pupille localisée approximativement par ses coordonnées cartésiennes (X, Y) dans l'image (bloc 55, figure 2), on reprend l'image I d'origine pour en extraire (bloc
35 56, Extract) une image allongée EI ayant la forme d'une bande

horizontale centrée sur la position approximative de la pupille et d'une hauteur correspondant au diamètre moyen attendu d'une pupille à l'échelle des images évaluées. Le fait que tout l'iris ne soit pas reproduit dans cette portion d'image n'est ici pas gênant. En effet, il ne s'agit pas d'une analyse de l'iris en vue de sa reconnaissance, mais simplement d'une évaluation de sa netteté. Cette netteté sera au moins à peu près la même sur tout le pourtour de la pupille et une analyse dans une bande réduite contenant l'iris de part et d'autre de la pupille suffit.

La forme allongée de la bande sélectionnée permet de tenir compte du fait que l'oeil est souvent en partie fermé lors de la prise de vue. Cela permet alors de minimiser des contours non pertinents (cils, paupières).

Bien qu'une image allongée et rectangulaire constituant la fenêtre d'examen de netteté constitue le mode de réalisation préféré, il n'est pas exclu de prévoir une fenêtre d'examen ovale, voire carrée ou ronde. Dans le cas d'une fenêtre carrée ou ronde, on veillera alors à la dimensionner pour qu'elle contienne, autour de la pupille, une zone suffisante d'iris pour l'évaluation de la netteté. Cette zone devra cependant être préférentiellement dépourvue de contours tels que ceux des paupières, par exemple en s'assurant que l'oeil soit grand ouvert lors de la prise d'images.

L'attribution d'un indice caractéristique de netteté à l'image s'effectue alors, selon l'invention, dans une troisième phase (bloc 6, FSWM), sur la base de l'image allongée EI, issue de l'étape précédente.

Selon l'invention, on met en oeuvre un opérateur de type FSWM amélioré pour traiter les images susceptibles de contenir des taches spéculaires.

En fait, un opérateur FSWM calcule, pour tous les pixels de l'image (ici l'image allongée EI), la somme de la norme quadratique des gradients horizontaux et verticaux de médianes de valeurs de luminance. Cela revient à appliquer la formule suivante :

$$\sum_{i=0, j=0}^{i=n, j=m} (\text{gradV}(i, j))^2 + (\text{gradH}(i, j))^2$$

avec :

$$\begin{aligned} \text{gradV}(i, j) &= \text{Med}[\text{Lum}(i, j), \text{Lum}(i + 1, j), \text{Lum}(i + 2, j)] \\ &\quad - \text{Med}[\text{Lum}(i, j), \text{Lum}(i - 1, j), \text{Lum}(i - 2, j)], \text{ et} \\ \text{gradH}(i, j) &= \text{Med}[\text{Lum}(i, j), \text{Lum}(i, j + 1), \text{Lum}(i, j + 2)] \\ &\quad - \text{Med}[\text{Lum}(i, j), \text{Lum}(i, j - 1), \text{Lum}(i, j - 2)], \end{aligned}$$

5 où $\text{Lum}(i, j)$ représente l'intensité lumineuse du pixel de coordonnées (i, j) dans l'image EI de taille $n \times m$, et où Med désigne la fonction médiane, c'est-à-dire dont le résultat correspond à la valeur médiane des luminances des pixels de l'ensemble auquel est appliquée la fonction.

10 Un opérateur FSWM tel que décrit ci-dessus est exposé, par exemple dans l'article "New autofocusing technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras" de K.S. Choi, J.S. Lee et S.J. Ko, paru dans la revue IEEE Trans. On Consumers Electronics, Vol. 45, No. 3, août 1999.

15 Selon l'invention, la somme n'est pas effectuée sur tous les pixels de l'image mais est limitée à certains pixels choisis de la façon caractéristique suivante.

Pour que la norme quadratique d'un gradient de la médiane d'un pixel de l'image soit prise en compte dans la somme
20 fournissant l'indice de netteté, il faut selon l'invention au moins que les intensités lumineuses respectives des pixels à une certaine distance prédéterminée du pixel dont on calcule les gradients soient inférieures à un premier seuil de luminance prédéterminé. Cela revient à ne pas tenir compte (ne pas
25 accumuler dans l'équation de sommation de l'opérateur FSWM) des gradients verticaux des pixels de coordonnées (i, j) pour lesquels $\text{Lum}(i, j+k) > \text{SAT1}$, ou $\text{Lum}(i, j-k) > \text{SAT1}$, et des gradients horizontaux des pixels pour lesquels $\text{Lum}(i+k, j) > \text{SAT1}$, ou $\text{Lum}(i-k, j) > \text{SAT1}$. Le nombre k (par exemple compris entre 2 et 10)
30 est choisi en fonction de la résolution des images pour correspondre à la taille moyenne de la transition entre une tache spéculaire et l'iris. Le seuil SAT1 est choisi pour

correspondre au niveau de gris pour lequel on considère que l'image est saturée.

La condition ci-dessus permet d'éliminer les pixels faisant partie d'une transition entre une éventuelle tache spéculaire présente dans l'image EI et le reste de l'oeil. On ne
5 tient donc pas compte, pour la détermination de l'indice de netteté, des pixels qui apportent des gradients non pertinents.

De préférence, on ajoute comme condition que les gradients horizontaux ou verticaux doivent être, en valeur
10 absolue, inférieurs à un seuil de gradient GTH. Dans l'iris, les gradients sont relativement faibles. Par contre, cela permet de ne pas tenir compte des gradients provenant notamment des cils. La détermination du seuil GTH dépend du contraste des images et doit être inférieur à la moyenne des gradients attendus pour des
15 cils.

De préférence, l'intensité lumineuse du pixel doit être inférieure à un deuxième seuil de luminance prédéterminé SAT2. Le seuil SAT2 est choisi pour être supérieur à l'intensité lumineuse attendue pour l'iris qui est généralement relativement
20 sombre (notamment par rapport au blanc de l'oeil).

En variante, c'est directement la norme quadratique des gradients que l'on compare au seuil GTH (choisi alors en conséquence). Effectuer le test sur le gradient avant son élévation au carré permet cependant de gagner du temps de calcul
25 pour tous les gradients éliminés.

Le respect de toutes les conditions ci-dessus correspond à un mode de réalisation préféré qui peut être exprimé de la façon suivante dans une description algorithmique.

Sc = 0, NbPix = 0

30 Pour tous les pixels de l'image allongée recadrée EI parcourue, par exemple, dans un balayage ligne (j de 1 à m, pour chaque i de 1 à n) :

Si [Lum(i, j+k) < SAT1 ET Lum(i, j-k) < SAT1 ET Lum(i, j) < SAT2
ET |GradV(i, j)| < GTH], alors Sc = Sc + (GradV(i, j))² et
35 NbPix = NbPix + 1 ;

Si $\text{Lum}(i+k,j) < \text{SAT1}$ ET $\text{Lum}(i-k,j) < \text{SAT1}$ ET $\text{Lum}(i,j) < \text{SAT2}$
 ET $|\text{GradH}(i,j)| < \text{GTH}$, alors $\text{Sc} = \text{Sc} + (\text{GradH}(i,j))^2$ et
 $\text{NbPix} = \text{NbPix} + 1$;

j suivant ;

5

i suivant.

Une fois tous les pixels traités, on calcule l'indice
 "Score" de netteté attribué à l'image comme étant :

$\text{Score} = \text{Sc} / \text{NbPix}$.

10 Cette pondération permet de rendre les indices des
 différentes images ultérieurement comparables les uns aux
 autres.

De préférence, dans l'application de l'opérateur ci-
 dessus, les gradients verticaux et horizontaux ne sont, même
 pour les tests conditionnels par rapport au seuil GTH, préféren-
 15 tiellement calculés que si les trois premières conditions
 $(\text{Lum}(i+k,j) < \text{SAT1}$ ET $\text{Lum}(i-k,j) < \text{SAT1}$ ET $\text{Lum}(i,j) < \text{SAT2})$ relatives
 aux intensités lumineuses sont vérifiées.

On voit donc que de nombreux gradients ne sont pas
 pris en compte dans la somme d'obtention de l'indice, et ne sont
 20 même pas calculés. Un avantage est alors un gain de temps consi-
 dérable pour la détermination de l'indice de netteté de l'image.

Un autre avantage est que les taches spéculaires
 éventuelles ne polluent plus l'évaluation de la netteté de
 l'image.

25 De façon plus générale, la présente invention minimise
 le nombre de calculs à effectuer sur les pixels d'une image dont
 on souhaite déterminer la netteté.

Un autre avantage de l'invention est que, par rapport
 à un outil équivalent mettant en oeuvre des procédés classiques
 30 de calcul de netteté, l'invention est plus rapide pour
 déterminer les indices caractéristiques de netteté d'un ensemble
 d'images.

Un autre avantage de l'invention est que, tout en
 simplifiant et en rendant plus rapides les traitements numé-

riques appliqués aux images, elle est plus fiable que les méthodes connues pour ce qui concerne l'évaluation de netteté.

On rappellera que si l'invention a été décrite en relation avec la sélection d'une image dans laquelle l'iris est la plus nette parmi un ensemble d'images numériques d'oeil, elle s'applique plus généralement à des images analogues en forme et/ou en caractéristiques. De plus, certaines phases caractéristiques du procédé exposé peuvent trouver des applications sans être incluses dans le procédé global et résoudre des problèmes propres, susceptibles de se présenter dans d'autres chaînes de traitement.

En particulier, la localisation de la pupille dans une image d'oeil présente des avantages propres et permet, à elle seule, de résoudre des problèmes et inconvénients d'autres processus de localisation utilisés dans d'autres procédés et notamment dans les procédés d'identification et d'authentification proprement dits. Un autre exemple d'application concerne la détection des mouvements du regard d'une personne dans des images animées (suivi du regard). Là encore, la rapidité avec laquelle l'invention permet la localisation approximative est compatible avec le traitement en temps réels d'images animées.

Par ailleurs, la phase de détermination de l'indice caractéristique de netteté lui-même, en ce qu'elle simplifie un opérateur FSWM connu, peut trouver d'autres applications dans des procédés d'analyse de textures diverses pour lesquels se posent des problèmes similaires et notamment, quand on souhaite ne pas tenir compte d'éventuels reflets très lumineux. Dans de telles applications, un procédé de détermination de l'indice caractéristique de la netteté d'une image présente des caractéristiques indépendantes des autres phases décrites, à titre d'exemple d'application, dans la présente description.

Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, sa mise en oeuvre de façon logicielle

en utilisant des outils connus est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus. De plus, les seuils, tailles de blocs, facteur de réduction ou de sous-échantillonnage, etc. seront choisis en fonction de l'application et du type d'images dont on souhaite déterminer la netteté, et leur détermination est la portée de l'homme du métier.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination d'un indice caractéristique de la netteté d'une image numérique (EI), caractérisé en ce qu'il consiste à cumuler (6) la norme quadratique de gradients horizontaux et verticaux de valeurs de luminance de pixels de l'image, les pixels étant choisis au moins en fonction d'un premier seuil de luminance maximale d'autres pixels dans la direction concernée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit indice est obtenu en divisant le cumul par le nombre de normes quadratiques cumulées.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à sélectionner un pixel courant dont un gradient vertical ou horizontal est à prendre en compte dans le cumul, uniquement si les luminances de deux pixels encadrant le pixel courant en étant distant de celui-ci d'un écart prédéterminé dans la direction verticale ou horizontale concernée sont inférieures audit premier seuil de luminance.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit premier seuil est choisi en fonction de la luminosité attendue d'éventuelles taches spéculaires dont on souhaite ne pas tenir compte.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que l'écart entre le pixel courant et chacun des pixels qui l'encadrent est choisi en fonction de la taille attendue d'éventuelles taches spéculaires dont on souhaite ne pas tenir compte.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la norme quadratique d'un gradient est pris en compte dans le cumul seulement si sa valeur est inférieure à un seuil de gradient prédéterminé.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le seuil de gradient est choisi en fonction du contraste de l'image.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'un pixel courant est sélectionné pour être pris en compte dans le cumul, seulement si sa luminance est inférieure à un deuxième seuil de luminance.

5 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le deuxième seuil de luminance est choisi pour être supérieur à l'intensité lumineuse attendue d'un élément caractéristique contenu dans l'image numérique (EI).

10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'image est une image d'oeil.

 11. Procédé selon la revendication 10 dans son rattachement à la revendication 9, caractérisé en ce que ledit élément est l'iris de l'oeil.

15 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il est appliqué à une ou plusieurs images d'un ensemble d'images numériques représentant un même objet.

20 13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il n'est appliqué qu'aux images de l'ensemble ayant passées avec succès un test (44) de netteté approximative basé sur un cumul des gradients dans une seule direction des intensités lumineuses des pixels de l'image.

25 14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que l'indice affecté à chaque image est utilisé pour sélectionner l'image la plus nette parmi ledit ensemble.

 15. Système de détermination de la netteté d'une image numérique, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

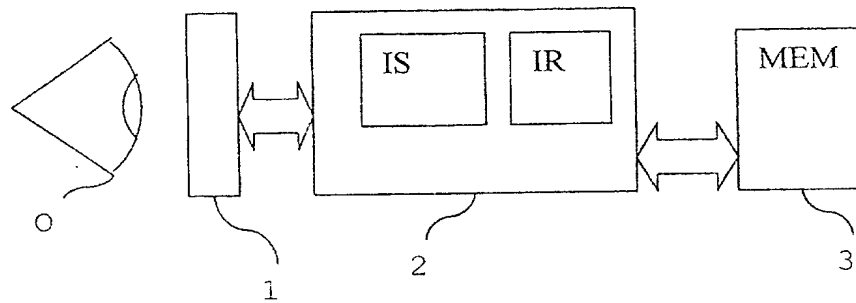


FIG. 1

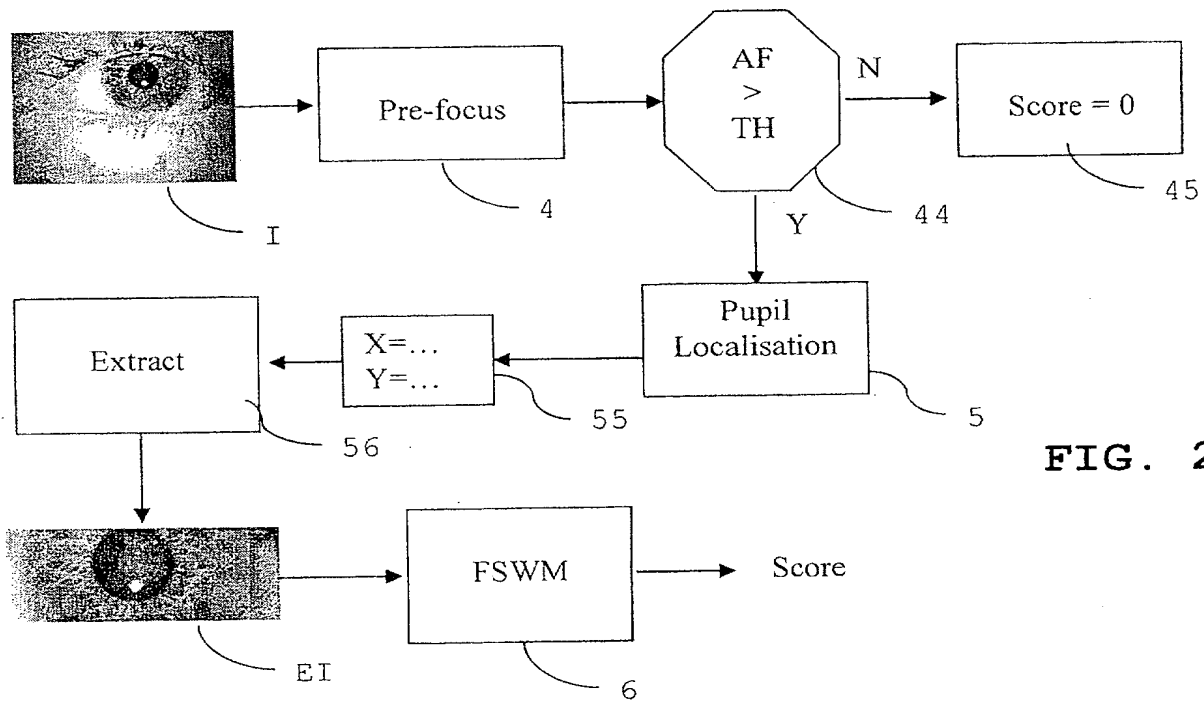


FIG. 2

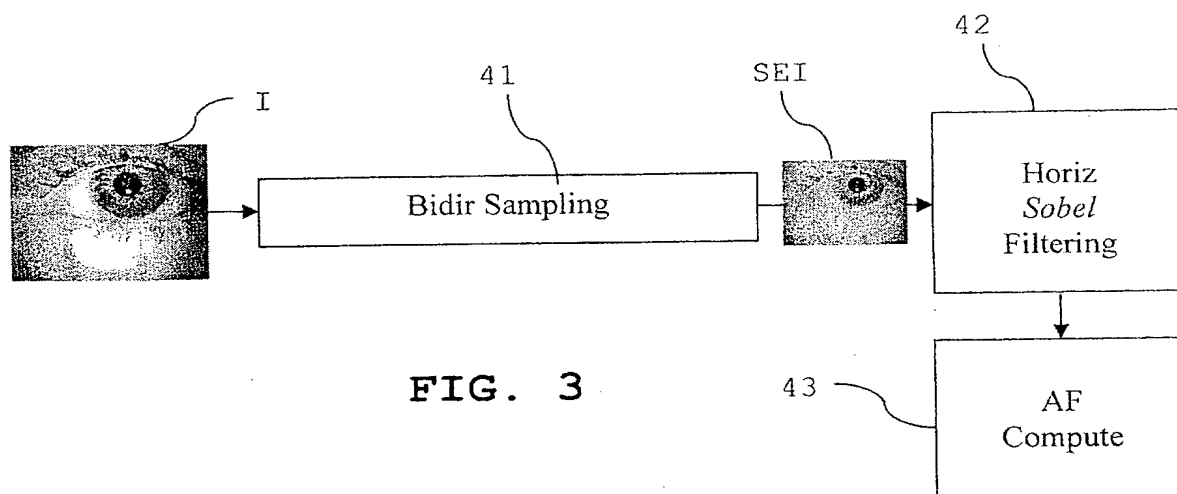


FIG. 3

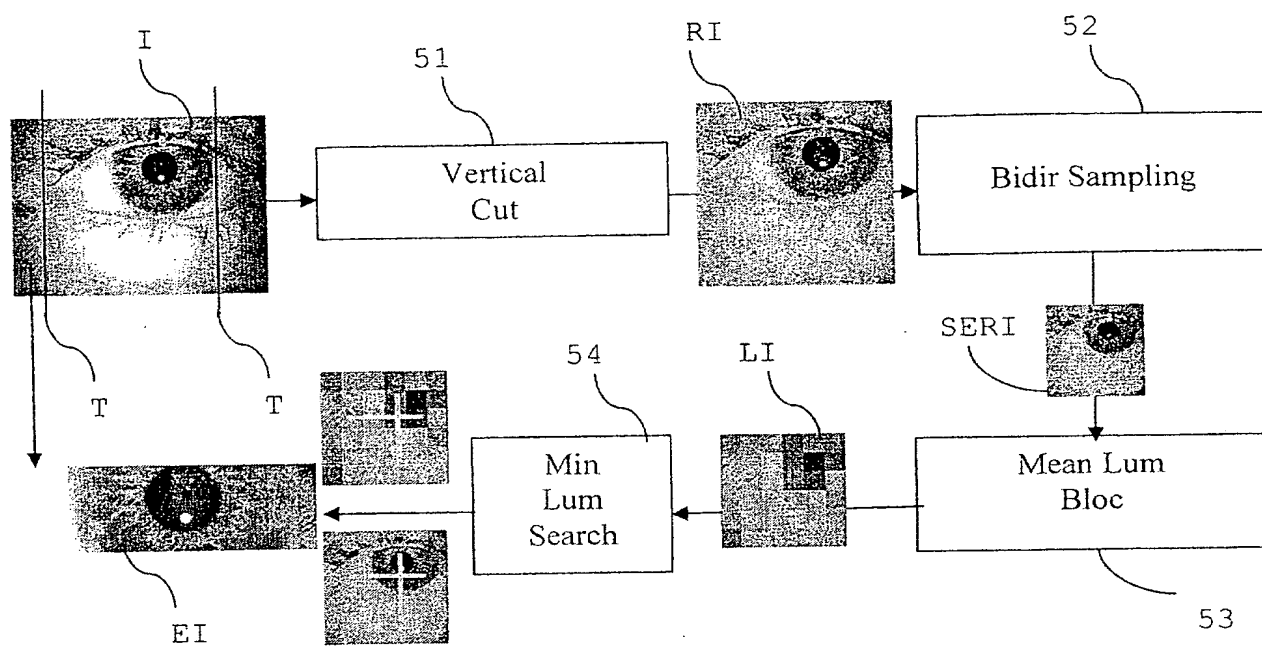


FIG. 4



DÉPARTEMENT DES BREVETS
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION,
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) PAGE N°1/1
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B5847	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02 14547	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DÉTERMINATION D'UN INDICE DE NETTETÉ D'UNE IMAGE NUMÉRIQUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
STMicroelectronics SA			
DESIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite "Page N°1/1" S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Prénoms & Nom		Christel-Loïc Tisse	
ADRESSE	Rue	Rue Saint Exupéry	
	Code postal et ville	13380	PLAN DE CUQUES, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom		Laurent Plaza	
ADRESSE	Rue	Résidence Les Clos, Rue du Jeu de Boules	
	Code postal et ville	13710	FUVEAU, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom		Guillaume Petitjean	
ADRESSE	Rue	24, Rue de la Liberté,	
	Code postal et ville	13530	TRETS, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE (S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Michel de Beaumont Mandataire n° 92-1016 Le 19 novembre 2002			

11-11-1919
11-11-1919
11-11-1919
11-11-1919
11-11-1919